

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10320855 A**

(43) Date of publication of application: **04.12.98**

(51) Int. Cl.

G11B 9/00
G01N 37/00

(21) Application number: **10074704**

(22) Date of filing: **23.03.98**

(30) Priority: **31.03.97 US 97 828473**

(71) Applicant: **INTERNATL BUSINESS MACH
CORP <IBM>**

(72) Inventor: **RUGAR DANIEL
TERRIS BRUCE DAVID**

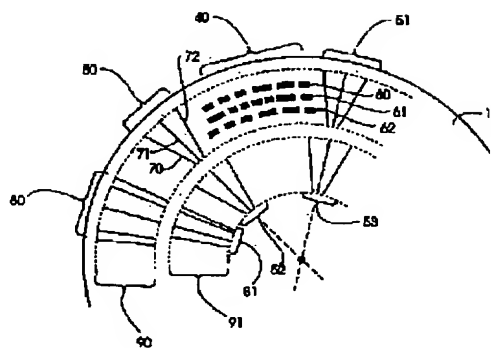
(54) **DATA STORAGE DISK AND DATA STORAGE
SYSTEM HAVING THE SAME**

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an AFM(Atomic Force Microscope) data storage system equipped with a tracking servo system, which is capable of maintaining a stylus on a track in a very small distance.

SOLUTION: Groups of three timing or tracking lines 70, 71 and 72 are formed, groups 50, 51, 52 and 53 are separated from one another in the circumferential direction of a disk 10, and surface irregular parts for forming machine readable information are dispersed. Data tracks 60, 61 and 62 and the groups of tracking lines separated in the circumferential direction are grouped in zones separated on a disk in its radial direction. The tracking lines 70 and 72 are non-radial lines. By using another group of identification mark 80 related to each data zone, a timing gate possible for detecting tracking lines is started. By using comparison between time for tracking line detection interval and specified target time, an actuator is controlled.



BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-320855

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

G 1 1 B 9/00

G 0 1 N 37/00

F I

G 1 1 B 9/00

G 0 1 N 37/00

F

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-74704

(22) 出願日 平成10年(1998)3月23日

(31) 優先権主張番号 08/828473

(32) 優先日 1997年3月31日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州・アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ダニエル・ルーガー

アメリカ合衆国94024 カリフォルニア州・ロス・アルトス パークリー・コート 22150

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

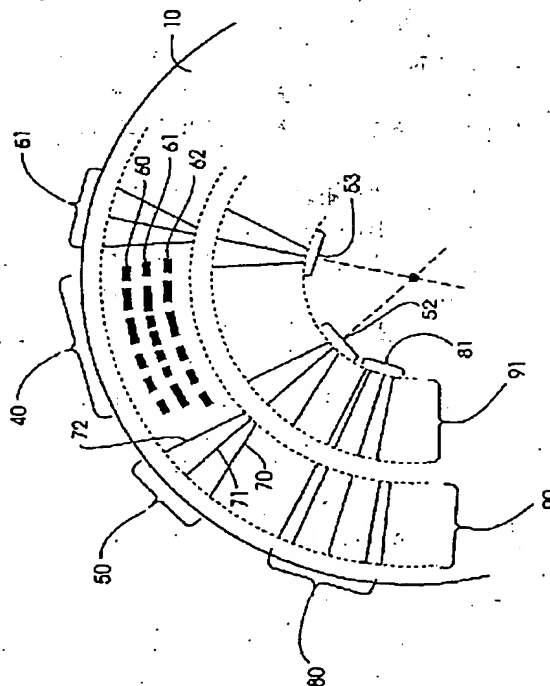
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データ記憶ディスク及びそれを備えるデータ記憶システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 極めて小さい距離においてスタイラスをトラック上に維持できるトラッキング・サーボ・システムを備えたAFM (原子力間顕微鏡) データ記憶システムを提供する。

【解決手段】 タイミングないしトラッキング・ライン70、71、72を3本組にして形成し、各組50、51、52、53をディスク10の円周方向に離隔させ、機械可読情報を形成する表面不規則部を散在させる。データ・トラック60、61、62とトラッキング・ラインの円周方向に離隔した組とを、ディスク上の半径方向に離隔した帯域にグループ分けする。トラッキング・ライン70、72は非放射状ラインである。各データ帯域に関連付けられた識別マーク80の別の組を使用して、トラッキング・ラインが検出されると考えられるタイミング・ゲートを開始させる。トラッキング・ラインの検出間の時間と所定のターゲット時間の比較を使用して、アクチュエータを制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の離隔したトラックに形成される機械可読情報を画定する表面トポグラフィが上面に形成されているデータ記憶媒体であって、該表面トポグラフィがトラックを横切って延びるラインの複数の組を含んでおり、ラインの各組が少なくとも2本のラインを含んでおり、そのうちの少なくとも1本がトラックの方向に対し直角以外の角度でトラックを横切って延びているデータ記憶媒体と、

記憶媒体と連動し、記憶媒体がセンサに関して移動したときに表面トポグラフィに追随するように前後に振れるセンサと、

記憶媒体とセンサの間に相対運動を与える手段と、

センサをトラック上に維持し、センサを1本のトラックから他のトラックへ移動させるためセンサに接続されたアクチュエータと、

表面トポグラフィによって引き起こされたセンサの振れを、ラインの組を含めて検出し、センサの振れを表す出力信号を生成する検出器と、

振れ検出器からの出力信号から、組内のラインの検出の間の時間を判定するタイミング回路であって、判定した時間をターゲット時間と比較し、判定した時間とターゲット時間の間の差を表すトラッキング・エラー信号を生成する回路を含んでいるタイミング回路と、

アクチュエータと結合され、トラッキング・エラー信号にตอบสนองして、センサを希望するトラック上に位置決めするトラッキング制御回路と、

振れ検出器からの出力信号を受け、出力信号を媒体上の表面トポグラフィによって形成された機械可読情報を表すデジタル・データに変換するデータ復号回路とを備えているデータ記憶システム。

【請求項2】媒体がディスクであり、トラックがほぼ半径方向に離隔したトラックであり、ラインの組がトラックの円周方向に離隔されている、請求項1に記載のデータ記憶システム。

【請求項3】トラックが離散したほぼ同心のトラックである、請求項2に記載のデータ記憶システム。

【請求項4】トラックがほぼ螺旋状のトラックである、請求項2に記載のデータ記憶システム。

【請求項5】相対運動を与える手段がディスクの取り付けられたスピンドル・モータであり、ディスクがスピンドル・モータから脱着できる、請求項2に記載のデータ記憶システム。

【請求項6】ラインの各組が3本の円周方向に隣接したラインからなっており、3本のうち中央のラインがディスクの半径上に配置されている、請求項2に記載のデータ記憶システム。

【請求項7】ラインの各組が3本の円周方向に隣接したラインからなっており、3本のうち中央のラインが非放射状ラインであり、他の2本が放射状ラインである、請

求項2に記載のデータ記憶システム。

【請求項8】トラックが放射状に離隔した帯域にグループ分けされており、トラックの各帯域がそれ自体のラインの複数の組を含んでいる、請求項2に記載のデータ記憶システム。

【請求項9】ディスク上の表面トポグラフィが帯域識別(ID)マークを含んでおり、タイミング回路がIDマークを復号して、ラインの組が配置されている帯域を特定する回路を含んでいる、請求項8に記載のデータ記憶システム。

【請求項10】タイミング回路が復号されたIDマークにตอบสนองして、ラインの組が検出され则认为されるタイミング・ウィンドウを見つけ出すタイミング・ゲートを含んでいる、請求項9に記載のデータ記憶システム。

【請求項11】タイミング回路がクロックと、組内のラインのうち2本の検出の間のクロック・サイクル数をカウントするカウンタとを含んでいる、請求項1に記載のデータ記憶システム。

【請求項12】センサがデータ記憶媒体の表面に物理的に接触する接触センサである、請求項1に記載のデータ記憶システム。

【請求項13】機械可読情報を表す表面不規則部の半径方向に離隔したデータ・トラックの少なくとも一つの帯域と、データ・トラックの円周方向に離隔したトラッキング・ラインの複数の組であって、トラッキング・ラインの各組が少なくとも2本のラインを含んでおり、そのうちの少なくとも1本が非放射状ラインであるトラッキング・ラインの複数の組とを有しているデータ記憶ディスクと、

ディスクを回転させるモータと、

ディスクの回転中にディスク上の表面不規則部とトラッキング・ラインに連動し、これらの接触する接触スタイラスを自由端に有している可撓性カンチレバーと、
スタイラスをトラック上に維持し、スタイラスを1本のトラックから他のトラックへ移動させるためカンチレバーに接続されたアクチュエータと、

ディスク上の表面不規則部とトラッキング・ラインとによって引き起こされたスタイラスの振れを検出し、スタイラスの振れを表す出力信号を生成するカンチレバー振れ検出器と、

振れ検出器からの出力信号から、組内のラインの検出の間の時間を判定するタイミング回路であって、判定した時間をターゲット時間と比較し、判定した時間とターゲット時間の間の差を表すトラッキング・エラー信号を生成する回路を含んでいるタイミング回路と、

アクチュエータと結合され、トラッキング・エラー信号にตอบสนองして、スタイラスを希望するトラック上に位置決めするトラッキング制御回路と、

振れ検出器からの出力信号を受け、出力信号をディスク上の表面不規則部によって形成された機械可読情報を表

すデジタル・データに変換するデータ復号回路とを備えているデータ記憶システム。

【請求項14】トラックが離散したほぼ同心のデータ・トラックである、請求項13に記載のデータ記憶システム。

【請求項15】トラックがほぼ螺旋状のデータ・トラックである、請求項13に記載のデータ記憶システム。

【請求項16】ディスクがモータから脱着できる、請求項13に記載のデータ記憶システム。

【請求項17】ラインの各組が3本の円周方向に隣接したラインからなっており、3本のうち中央のラインがディスクの半径上に配置されており、他の2本が互いに平行でない非放射状ラインである、請求項13に記載のデータ記憶システム。

【請求項18】ラインの各組が3本の円周方向に隣接したラインからなっており、3本のうち中央のラインが非放射状ラインであり、他の2本が放射状ラインである、請求項13に記載のデータ記憶システム。

【請求項19】ディスクがその表面上に帯域識別(I D)マークを含んでおり、タイミング回路がI Dマークを復号して、ラインの組が配置されている帯域を特定する回路を含んでいる、請求項18に記載のデータ記憶システム。

【請求項20】タイミング回路が復号されたI Dマークにตอบสนองして、ラインの組が検出されると考えられるタイミング・ウィンドウを見つけ出すタイミング・ゲートを含んでいる、請求項19に記載のデータ記憶システム。

【請求項21】タイミング回路がクロックと、組内のラインのうち2本の検出の間のクロック・サイクル数をカウントするカウンタとを含んでいる、請求項13に記載のデータ記憶システム。

【請求項22】カンチレバーがピエゾ抵抗領域を含んでいるシリコン・カンチレバーであり、カンチレバー振れ検出器がスタイラスの振れに応じたピエゾ抵抗領域の抵抗の変化を検出するためにカンチレバーのピエゾ抵抗領域に結合された電気抵抗検出回路を含んでいる、請求項13に記載のデータ記憶システム。

【請求項23】ポリマ材料で形成された表面を有しているディスク基板を備えており、ディスク表面には表面不規則部としてデータ・トラックの円周方向に離隔した複数組のトラッキング・ラインがエンボスされており、トラッキング・ラインの各組が帯域内のすべてのトラックを横切って延びている少なくとも2本のラインを含んでおり、2本のラインのうち少なくとも1本が非放射状ラインである、データ記憶ディスク。

【請求項24】ディスクが読取専用ディスクであり、ディスク表面には機械可読情報を表す表面不規則部の半径方向に離隔したデータ・トラックの少なくとも一つの帯域がエンボスされており、データ・トラック表面不規則部がトラッキング・ラインの円周方向に離隔した組の間

で離散している、請求項23に記載のデータ記憶ディスク。

【請求項25】ポリマ材料で形成された表面を有しているディスク基板を備えており、ディスク表面には機械可読情報を表す表面不規則部の円周方向に離隔したデータ・トラックの少なくとも一つの帯域とデータ・トラックの円周方向に離隔した複数組のトラッキング・ラインとがエンボスされており、トラッキング・ラインの各組が帯域内のすべてのトラックを横切って延びている少なくとも2本のラインを含んでおり、2本のラインのうち少なくとも1本が非放射状ラインである、読取専用データ記憶ディスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は合衆国国防総省防衛高等研究庁によって与えられた契約D A B T 6 3 - 9 5 - C - 0 0 1 9に基づく連邦政府の支援を受けて行われたものである。連邦政府は本発明に関し一定の権利を有する。

【0002】本発明は試料の表面を走査するプローブないしスタイラスを自由端に有するカンチレバーを用いた原子間力顕微鏡(AFM)システムに関する。詳細に言えば、本発明は走査されている試料が機械可読情報を表す表面不規則部を有している、ディスクなどのデータ記憶媒体であるデータ記憶装置用のAFMシステムに関する。

【0003】

【従来の技術】原子間力顕微鏡は鋭いプローブないしスタイラスと調査対象の表面との間の力を感知するという原理に基づくものである。原子間力は可撓性のカンチレバー・アームの自由端に取り付けられたスタイラスの変位を誘起する。

【0004】Binnig他が「Atomic Force Microscope」、Phys. Rev. Lett., Vol. 56, No. 9, 1986年3月3日, pp. 930-933に記載しているように、先端が鋭いスタイラスをスプリング状のカンチレバー・ビームに取り付けて、調査対象表面の輪郭を走査する。スタイラスの先端にある原子と表面の原子との間の引力または斥力が、カンチレバー・ビームにわずかな振れを生じさせる。当初の実施形態においては、トンネル接合を使用して、導電性のカンチレバー・ビームの自由端に取り付けられているスタイラスの運動を検出していた。導電性のトンネル・スタイラスをカンチレバー・ビームの背面から離隔したトンネル内の配置すると、トンネル電流の変動がビームの振れを示すものとなる。スタイラスを検査中の表面との間に生じる力を、測定したビームの振れ及びカンチレバー・ビームの特性から決定する。

【0005】トンネル検出に加えて、AFMカンチレバーの振れを検出するいくつかの他の方法が利用可能であ

り、これには光学インタフェロメトリ、光学ビーム偏向、容量性技法、さらに最近では、ピエゾ抵抗などがある。AFMカンチレバーの振れを検出するピエゾ抵抗の原理は、米国特許第5345815号に記載されている。カンチレバーは単結晶シリコンで形成されており、該シリコンにはカンチレバーの長さ方向にピエゾ抵抗領域を与えるドーパントが注入されている。カンチレバーの自由端が振れると、カンチレバーに応力が生じる。この応力はカンチレバーの振れに比例してピエゾ抵抗領域の電気抵抗を変化させる。抵抗測定装置をピエゾ抵抗領域に結合して、その抵抗を測定させ、カンチレバーの振れに対応する信号を生成させる。

【0006】AFMシステムは試料表面の撮像という本来の用途以外の用途を有している。原子間力顕微鏡の原理は、IBMの米国特許願第537372号に記載されているようなデータ記憶装置に拡張されている。この用途において、カンチレバー・スタイラスはデータ記憶媒体の表面と物理的に接触する。媒体は隆起や凹みという形態の表面不規則部を有しており、これらの隆起や凹みが機械可読情報ないしデータを表している。カンチレバーの振れを検出し、復号して、データを読み出す。媒体の表面が熱変形可能であれば、カンチレバー・スタイラスが媒体表面に接触しているときに、該スタイラスを加熱して、媒体表面に隆起または凹みを形成することによって、データを媒体に書き込むこともできる。スタイラスはカンチレバーのスタイラス領域に送られたレーザー・ビームによって加熱される。スタイラスを加熱する他の手法においては、Chui他が「Improved Cantilevers for AFM Thermomechanical Data Storage」、Proceedings of Solid-State Sensor and Actuator Workshop, Hilton Head, SC, 1996年6月2-6日、pp. 219-224に記載しているように、単結晶シリコン・カンチレバーに選択的にホウ素をドーピングして、カンチレバー・スタイラス近傍の電気抵抗領域に導電路を与える。次いで、電流が導電路を通過すると、スタイラスが抵抗性加熱される。

【0007】また、AFMデータ記憶システムを上記米国特許願第537372号に記載されている態様と同様に、ただしスタイラスを媒体表面に直接接触させずに、動作させることも可能である。その代わり、スタイラスは媒体の表面に連動し、表面に物理的に接触することなく、表面トポグラフィの不規則部に追従する。スタイラスは媒体の表面に十分近接して保持されていて、スタイラスが媒体の表面に直接接触していなくとも、ファンデルワールス力または静電力が作用する。ファンデルワールス力はスタイラスがファンデルワールス力を低下させたり、さらには完全に除去したりするビットないし凹みへ接近するまで、スタイラスを媒体の表面へ向け

て偏向させる。スタイラス・センサはこのように表面トポグラフィに追従し、検出する。このタイプのAFMデータ記憶システムは、Martin他が「Atomic Force Microscope-force Mapping and Profiling on a Sub 100-Å Scale」、J. Appl. Phys., Vol. 61, No. 10, 1987年5月15日、pp. 4723-4729に記載しているように、AFMの「引力モード」も基づいたものである。

【0008】AFMデータ記憶システムの問題の一つはデータの読取り中にスタイラスをデータ・トラック上に維持しておくのが困難なことである。従来の磁気及び光学式のデータ記憶システムとは異なり、復号され、スタイラスの位置決めをサーボ制御するために使用される磁氣的または光学的に記録されたサーボ情報はない。上述の米国特許願第537372号に記載されているもののようなAFMデータ記憶システムにおいて、データ密度は従来のCD-ROMシステムのものの100倍となる。個々のデータ・フィーチャまたはマークは50nm程度の小ささであり、個々のデータ・トラックの間隔は100nmに過ぎない。AFMデータ記憶システムのトラッキング・サーボの一つのタイプは、Mamin他が「High-density Data Storage Using Proximal Probe Techniques」、IBM J. Res. Develop., Vol. 39, No. 6, 1995年11月、pp. 687-688に記載しているように、磁気記録におけるセクタ・サーボ・マークと類似した、データ・トラックの中心線の両側に配置された連続した「ウォッブル(wobble)」マークに基づいたものである。しかしながら、ウォッブル・マークは検出が困難であり、また十分な精度で製造するのが困難なものであり、オフトラック距離に応じて線形に変動するトラッキング・エラー信号を達成するのが困難なものである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】これらの極めて小さい距離においてスタイラスをトラック上に維持できるトラッキング・サーボ・システムを備えたAFMデータ記憶システムが必要とされている。本発明の目的は、データ記憶システムを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明はデータ記憶媒体上に配置されたタイミングないしトラッキング・ラインに基づくトラッキング・サーボ・システムを備えたAFMデータ記憶システムである。読取専用ディスクを備えているディスク駆動装置での実施の形態において、タイミングないしトラッキング・ラインは3本一組で形成されており、これらの組はディスク周囲に円周方向に離隔されており、機械可読データ・フィーチャを形成している表面不規則部が散在している。データ・トラック及び

円周方向に離隔したトラッキング・ラインの組はディスク上で半径方向に離隔した帯域にグループ化されている。トラッキング・ラインの各組は少なくとも2本のラインを含んでおり、そのうちの1本は非放射状の線であり、それ故、データ・トラックと直角以外の角度で交差している。各データ帯域と関連付けられた別の組となった識別(ID)マークを使用して、その期間中にトラッキング・ラインが検出されると考えられるタイミング・ゲートを開始する。ラインのうち少なくとも2本の検出の間の時間と目標時間との比較を使用して、トラッキング・エラー信号(TES)を生成し、この信号を使用して、アクチュエータを制御し、スタイラスをトラック上へ戻すか、所望のトラックへ移動させるかする。実施の形態の一つにおいて、一組には3本のラインがあり、中間のラインが非放射状ラインとなり、2本の外側のラインが放射状ラインとなる。タイミング分析回路内のカウンタが第1の放射状ラインの検出から中間の非放射状ラインまで、及び第2の放射状ラインまでの検出の時間をカウントする。2つの時間の比率を使用してTESを生成する。TESはそれ故ディスクの速度とは無関係であるから、ディスクの回転速度のわずかな変動がトラッキング・サーボ・システムに誤差を生じることがない。

【0011】

【発明の実施の形態】図1を参照すると、AFMデータ記憶システムが回転データ記憶ディスクを備えたディスク駆動装置として略示されている。本発明をディスク駆動装置という好ましい実施の形態によって説明するが、このシステムはX-Yラスタで移動する記憶媒体としての平坦な基板でも機能する。その実施の形態においては、データ・トラックはXまたはY方向のいずれかより迅速に走査される方向へ平行に配向された本質的に平行なラインとして構成される。記憶媒体はシステムから取外し可能なものであっても、その内部に永続的に密封されているものであってもよい。

【0012】図1において、記憶媒体は円形のディスク10であることが好ましいが、これはさまざまな方法で形成できるものである。ディスク10はポリメチルメタクリレート(PMMA)、ポリカーボネートなどのポリマ材料、あるいは米国特許第4948703号に記載されているようなアクリル系の光重合ポリマで形成するのが好ましい。ディスク10の上面には、表面不規則部12として示されている機械可読情報がエンボスされている。「機械可読情報」という表現はプログラム式コンピュータないしマイクロプロセッサなどのデジタル処理リソースによって読取り可能な情報をいう。詳細に言えば、データ・マークないしフィーチャという機械可読パターンで配置された一連の表面不規則部を有する複数のデータ・トラックが設けられている。エンボスされた不規則部はディスク10のビットのないアイランド部によって分離された一連のビットないし凹みでよい。あるいは、

ビットの代りに、バンプ12で示すように、一連の隆起したこぶすなわちバンプを設けることもできる。データ・トラックはディスク上で半径方向に離隔しており、従来のデジタル磁気記録ディスク駆動装置におけるように別々の同心円トラックとして形成しても、あるいはコンパクト・ディスク(CD)の光記録におけるように螺旋状のトラックとして形成してもかまわない。あるいは、記憶媒体は円形である必要もないし、また回転式に運動する必要もない。

【0013】ディスク10はモータ14のスピンデル上方に位置決めされている。ディスク10はモータ・スピンデルに支持されて、モータ14により一様な速度で回転される。ディスクの中心がほぼスピンデル・モータの回転中心に置かれるように、ディスク10は位置決めされる。支持体20に取り付けられた、スタイラス19を備えている高解像度センサ18がディスク上方に位置決めされている。支持体20はアクチュエータ22に接続されている。アクチュエータ22は光ディスクやCDプレーヤで見られるような電磁駆動されるボイスコイル・タイプのアクチュエータである。アクチュエータ22はスタイラス19の荷重を制御するためにディスク表面に直角な軸に沿って移動することも、ディスク10に平行な面内で移動することもできる。ディスクに平行な平面内での運動は、少なくとも部分的には、ディスクの回転中心から半径方向へのものであって、スタイラスを異なるデータ・トラックに対して位置決めすることを可能とするものである。

【0014】接触センサは支持体20に取り付けられた基部から一端へ延びている微細構造のカンチレバー・アーム23を含んでいる。カンチレバー・アーム23にはピエゾ抵抗領域24が作成されており、この領域は導電性であって、アームが屈曲するとこの領域の抵抗が変化する。このような装置は米国特許第5345815号に記載されているようなドーパ・シリコンから製造することができる。鋭いスタイラス19はカンチレバー・アーム23の自由端部に配置されている。スタイラス19は記憶ディスク10の表面と連動するように位置決めされている。スタイラスは下方へ偏倚しているので、ディスクの表面トポグラフィに追従する。ディスク10が回転すると、スタイラス19が記憶ディスクの表面の不規則部12をたどっていくにつれて、カンチレバー・アーム23が上下する。

【0015】抵抗測定回路25が導線によってカンチレバー・アーム23に接続されている。スタイラス19が記憶ディスク10の不規則部をたどっていくと、カンチレバー・アーム23上のピエゾ抵抗領域24の抵抗が変化する。この抵抗を抵抗測定回路25によって連続的に監視し、測定する。抵抗測定回路25は図2に示すように、駆動電圧(V)と、抵抗の小さい変化(ΔR)を測定するのに適した抵抗ブリッジとを有している。ブリッ

ジ内の3つの固定抵抗Rは、屈曲していない場合のカンチレバー・アーム23の抵抗値にほぼ等しい抵抗値を有している。屈曲した場合のカンチレバー・アームの抵抗値の変化 ΔR による測定出力電圧 ΔV は、ほぼ次のようになる。

$$(V/4) \times (\Delta R/R)$$

レバー抵抗の典型的な微小変化 $\Delta R/R$ はオングストロームの振れあたり 10^{-7} ないし 10^{-5} 程度である。高さ50nmの不規則部と2ボルトの駆動電圧の場合、これにより約0.1-10mVの出力電圧デルタVが生じる。抵抗測定回路25からのこのアナログ電圧変化は増幅されてから、デコーダ27によってデジタル信号に変換される。このような復号は使用されているデータ・コード化方法に応じ、従来のピーク検出または閾値検出のいずれかによって行うことができる。

【0016】図1のシステムは「一定力」モード、「一定高さ」モード、あるいはこれらの組合せで動作させることができる。一定力モードにおいては、ディスクに直角なアクチュエータ22の運動が荷重制御回路30によって制御され、この回路はディスク表面のフィーチャに関して抵抗測定回路25によって、カンチレバー・アーム23のピエゾ抵抗領域24から得られる情報を使用している。荷重制御回路30からアクチュエータ22へ送られる信号を使用して、一定のカンチレバーの振れを、それ故、スタイラス19への一定の荷重力を維持することができる。一定高さモードにおいては、アクチュエータ22はカンチレバー・アーム23をディスク表面に直角に移動させないので、表面不規則部がカンチレバーの下を通過するときに、カンチレバーはさまざまな量で振れる。組合せモードにおいては、荷重制御回路30及びアクチュエータ22を使用して、長時間のほぼ一定な荷重力を維持し、たとえば、長期のドリフトによる、あるいはディスクの表面上の大きいフィーチャによる変動を取り出す。ただし、スタイラス19が小さい表面不規則部に遭遇したときには、カンチレバー・アーム23は自由に振れることができるようにされたままである。データ記憶用途においては、組合せモードが好ましい実施の形態である。ただし、それぞれの場合において、抵抗測定回路25からの信号はデコーダ27への入力として使用され、デコーダはこれを当分野で周知の態様で、2進形式、すなわち機械可読情報に変換する。

【0017】ドーパ・ピエゾ抵抗領域24と抵抗測定回路25を備えたシリコン・カンチレバー23がカンチレバーの振れを検出する好ましい方法ではあるが、米国特許第537372号に記載されている反射レーザ光方法などの他の周知の技法によって、カンチレバーの振れを検出することもできる。使用されるカンチレバー振れ検出技法に関わりなく、出力はデコーダ27により、デジタル・データに復号される。

【0018】ディスク10の断面図であるここで図3を

参照すると、記憶ディスクはこれにエンボスされたいくつかの形状の不規則部ないしマークを有しており、このそれぞれは異なる目的を果たすものである。まず、フィーチャ40のデータ・マークは、パルス幅変調コード化手法を形成する幅の狭い可変長のビットとアイランドである。あるいは、データ・フィーチャの深さを変動させ、振幅変調手法を形成することもできる。データ・フィーチャ40のうち最小のものは幅が約50nmであり、円形状で、記憶ディスク10の中心を中心とするトラック内に配置されている。データ・フィーチャ40は3本の半径方向に隣接した放射状のデータ・トラック60-62の断面として示されている。データ・トラック60、62はデータ・トラックの半径方向帯域に配置される。データ・トラックの第2の帯域91は帯域90の半径方向内側に示されている。

【0019】好ましい実施の形態において、ディスクは読取専用ディスクである。データ・フィーチャ及びその他のマークはマスタ・ディスクに書き込まれてから、記憶ディスクにエンボスされる。Terris他が「Nanoscale Replication for Scanning Probe Data Storage」、Appl. Phys. Lett.、Vol. 69、No. 27、1996年12月30日、pp. 4262-4264に記載されているようにして、PMMAレジストで被覆された酸化シリコン上への電子ビーム書込みによって、マークは形成される。電子ビームを使用したレジストの露光後に、書き込まれたデータ・パターンをレジストの適切な現像及びエッチングによって、酸化シリコンへ転送する。あるいは、マスタをポリマ・マスタにマークを作成するAFMチップを使用して作成することもできるが、これも上記のTerris他の文献に記載されている。

【0020】表面不規則部のパターンを次いで、米国特許第4948703号に記載されているようにして、成形（モールドイング）によって記憶ディスクにエンボスする。光重合ポリマ・フィルムの薄膜をマスタの表面に形成する。このフィルムの形成前に、マスタにアモルファスTbFeCoなどの離型剤を塗布する。記憶ディスクの器材を形成するガラス基板をポリマ薄膜に押し付ける。フィルムを紫外線で露光して重合させ、硬化ポリマ・フィルムを形成する。硬化したポリマをガラス支持体に貼り付けたまま、マスタとディスク支持体を分離させる。あるいは、Chou他が「Imprint Lithography with 25-Nanometer Resolution」、Science、Vol. 275、1996年4月5日、pp. 85-87に記載しているように、射出成形により、または加熱したPMMAフィルムにマスタを押し付けるかして、マークを形成することもできる。データ・マークは一連の1及び0を表しており、それ故、記憶されているデータを表

す。あるいは、Maminが「Thermal Writing Using a Heated Atomic Force Microscope Tip」、Appl. Phys. Lett.、Vol. 69、No. 3、1996年7月15日、pp. 433-435に記載しているようにして、このようなマークをスタイラスによって直接記憶ディスクへ書き込み、追記型のデータ記憶媒体を形成することもできる。

【0021】図3を再度参照すると、第2の形状の不規則部、すなわちタイミング・ラインないしトラッキング・ラインがトラッキング・ライン組50、51、52、53として示されている。これらは高さ（ないし、深さ）が50nm、幅が100nmの細い線であり、上述のようにして、マスタ上へ電子ビーム書き込みされ、記憶ディスクにエンボスされている。そのうちの数本が図3にトラック60、61、62として略示されている所与のデータ・トラック上にスタイラス19を維持するため、次のトラッキング・ラインの間の時間を測定する。ラインは3本1組にグループ分けされ、3本組を形成している。組50のライン71などの各3本組の中央のラインはディスク10の半径とほぼ整合している。他の2本のライン（組50の70、72）の各々は中央ライン71に対して22.5度の角度を形成し、ライン同士が交差しないように位置決めされている。これらの2本のライン70、72はそれ故、非平行非放射状ラインである。3本組50、51はトラック方向に沿って互いに一様に離隔されており、ディスク全周に書き込まれ、それ故、3本組の帯域を形成している。3本組は離隔されており、一つの3本組のラインが隣接する3本組のラインと交差しないような半径方向長さのものである。帯域の半径方向長さ、円周方向の3本組の数、及び3本組内のライン間の角度は、異なるディスク半径に応じて異なってもよい。一つの帯域内に多くのデータ・トラックがあることが好ましい。好ましい実施の形態においては、5mmの帯域直径及び30ミクロンの帯域半径方向長さにおいて、300本のトラックが0.1ミクロンのトラック・ピッチに配置されている。このような帯域には最大1000組の3本組を入れることができるが、書き込む数をもっと少なくして、データ・フィーチャに利用可能な面積を増やすこともできる。3本組の帯域は一つの帯域の末尾から次の帯域が始まり、記憶ディスクのデータ収納領域全体をカバーするように書き込まれる。3本組の間には、たとえば、隣接する3本組50、51の間に配置されたトラック60-62のデータ・フィーチャ40で示されるような、データ・フィーチャが置かれている。

【0022】さらに、ラインの好ましい組は3本組であるが、ラインが2本しかない場合にも本発明は完全に適用できるものである。ただし、これらが平行ではなく、これらのうち少なくとも1本が非放射状であることを条

件とする。3本組のライン70、71、72において、中央のライン71はロバスト性を与えるためのものである。中央ラインは3本のラインがタイミング・ゲート内で検出されたこと、及び第1のライン70と第3のライン72が中央ライン71から等間隔であることをチェックするために設けられている。それ故、ラインの組はライン70及び72だけであってもよい。

【0023】各帯域内で、トラッキング・ラインの組及びデータ・マークに沿って、帯域識別（ID）マーク80も電子ビームによって書き込まれ、ディスクにエンボスされている。これらのIDマークは復号された場合に、3本組のうちどの帯域をスタイラス23が読み取っているのかを判定するために使用される。また、IDマークは3本組の位置を示すために、デコーダ27によって認識される。3本組の間の間隔が既知であるから、円周方向のすべての3本組の位置を決定できる。この情報を使用して、以下で説明するように、タイミング解析に使用されるタイミング・ゲート信号を生成する。好ましい実施の形態で説明した読取専用ディスクに加えて、本明細書記載のトラッキング・サーボ・システムは追記型ディスク駆動装置に使用することもできる。この実施の形態において、タイミング・ラインは上記の記憶媒体にエンボスされているが、データ・フィーチャはエンボスされていない。トラック内のデータ・フィーチャはスタイラスによってディスクへ直接書き込まれるものであり、これについてはMamin、「Thermal Writing Using a Heated Atomic Force Microscope Tip」、Appl. Phys. Lett.、Vol. 69、No. 3、1996年7月15日、pp. 433-435に記載されている。

【0024】図4は帯域90内の3本の異なるデータ・トラック60、61及び62におけるデコーダ27の出力の略図である。トラック60はトラック61の半径方向外方に配置されており、トラック61はトラック62の半径方向外方に配置されている。トラック61が希望するトラックである場合、1組の3本組（50）内のトラック方向に沿ったライン（70、71、72）の間隔はトラック60の方がトラック61におけるものよりも広くなる。同様に、ライン間隔はトラック62の方がトラック61または60におけるものよりも狭くなる。それ故、3本組内の2本の非平行、非放射状ライン（たとえば、3本組50内のライン70、72）の間の時間間隔は、スタイラス19がトラック上にあるかどうかを判定し、かつスタイラス19をトラック上に維持するために使用される。図4の下方部分はタイミング・ゲート信号を示しており、この信号はトラッキング・ラインが検出されると考えられるタイム・ウィンドウ中でハイとなる。

【0025】図5はスタイラスがトラック上にあるかど

うかを判定するために使用されるタイミング論理の略図である。帯域IDマーク80を検出した後、デコーダ27は3本組の期待される継続期間中ハイであるタイミング・ゲート信号を3本組の間の期待される時間間隔で生成する。タイミング・ゲート信号及びデコーダ信号はタイミング分析回路29(図1)へ入力される。タイミング・ゲートがハイになった後に検出された第1のピーク(ピーク1)は2つのカウンタA及びBに増分を開始させる。このピークは3本組50内のライン70によって引き起こされ、タイミング・ゲート信号によって使用可能とされ、ピークを受け取るたびにイネーブル信号レベルをラッチ出力へ転送するラッチ102を使用して検出される。ラッチ102の出力には図5でピーク1という符号がつけられている。カウンタA及びBは停止するまでに経過したクロック・サイクル数を記録する。カウンタは追加のクロック・サイクルごとに記憶している合計値を1増加させるカウント・アップ形でも、追加のクロック・サイクルごとに記憶している合計値を1減少させるクロック・ダウン形でもよい。クロックは標準的な電子技法を使用しているタイミング分析回路、たとえば、水晶発振器によって生成される。イネーブル信号としてピーク1を有しているラッチ104を使用して検出される、3本組50のライン71に対応した第2のピーク(ピーク2)において、カウンタBは逆転されるとともに、カウンタAは積算を継続する。イネーブル信号としてピーク3を有しているラッチ106を使用して検出される、3本組50のライン72に対応した第3のピーク(ピーク3)において、カウンタA及びBは両方とも停止し、値が格納される。カウンタはクロック・サイクルの期待されている値を格納するために十分な数のビットを有している必要がある。好ましい実施の形態において、これは少なくとも12ビットである。

【0026】カウンタが停止した後、カウンタBの内容を調べる。理想的には、3本組内の3本のトラッキング・ライン70-72が等間隔である場合、これは0である。これが当てはまるかどうかを判定する簡単な方法は、カウンタBのビット・ラインを12ビットのORゲート110につなぐことである。12ビットすべてが0である場合、ORゲート110の出力は0となる。トラック・ラインの配置ないしクロック変動量における小さい誤差がライン間の測定時間にわずかな差を生じるものであるから、カウンタBが0と若干異なっていることを許容するのが望ましい。これはORゲート110内でカウンタBの10または11個の最上位ビットだけを比較することによって達成される。ORゲート110の出力はカウンタAが有効なトラック・タイミング情報を含んでいることを確認するために使用される。

【0027】トラッキング誤差信号(TES)を生成する前に、第2の妥当性チェックを行う。デコーダ27からのタイミング・ゲートがハイである間に、3つの信号

だけを受け取らなければならない(図4)。イネーブル信号としてピーク3を有しているラッチ112を使用して、第4のピーク(ピーク4)を探し出す。何も受け取らなかった場合には、タイミング・ゲートがロー・レベルに戻ったときに、ピーク4の信号レベルはローとなる。それ故、タイミング・ゲートがローに戻ったときに、ORゲート110のレベルとピーク4のレベルの両方がローであれば、有効なタイミングの測定が行われる。これらの3つの条件を満たすことが、反転入力を持つANDゲート114を使用して判定される。ANDゲート114のハイ出力は有効なタイミング測定を表す。

【0028】このANDゲート114の出力はTESを更新するイネーブル信号である。第1及び第3のピーク(3本組50のライン70及び72に対応する)の間の経過時間であるカウンタAをターゲット値と比較する。このターゲット値はEPROM116などのルックアップ・テーブルから検索される。各データ・トラックの半径方向位置はEPROM116に格納されているターゲット値を有している。ターゲット値とカウンタAの間の差がデジタルTESであり、DAC120によってアナログTESに変換され、トラッキング制御回路31(図1)へ入力される。標準的な制御電子機器を使用して、トラッキング制御回路31はアクチュエータ22を駆動して、スタイラス19を希望するトラックへ向けて移動させる。ANDゲート114がローのままである場合には、TESは更新されない。タイミング・ゲートがローになった後、タイミング分析回路29がリセットされ、次の3本組を示す次のハイ・タイミング・ゲート信号を待つ。あるいは、トラッキング制御回路31をDAC120を必要としない完全なデジタル・コントローラとして実現することもできる。

【0029】トラッキングにおける十分な精度を達成するためには、クロック周波数 f はカウンタAがどこにトラックの中心線があるかを決定し、かつ2本の隣接するトラックを区別できるようなものでなければならない。好ましい実施の形態において、ビット(図3のマーク40)の半径方向の幅は50nmであり、それ故、スタイラスの振れが全振幅となる距離であるトラック T_c の幅も50nmである。スタイラスがトラックの中心線から $T_c/2$ を超になると、スタイラスの振れが、したがって検出された ΔR が半径方向に減少する。好ましい実施の形態において、半径方向距離 T_w を移動するスタイラスに対するカウンタAの読みの間の差は少なくとも5カウントである。図6は2本の隣接するトラック60、61における2つのビット・パターン間の3本組のトラッキング・ライン70、71、72を示す。トラックはトラック・ピッチ T_p によって離隔している。ビット幅 T_b を横切るカウンタAの値の差はスタイラスが移動した $2\Delta x$ という距離の差によって生じる。形状から見て、こ

れは次式の半径方向距離の差に関連している。

$$\Delta r = 2 \Delta x / \tan(22.5)$$

【0030】 T_p が50nmである場合、経路差 $2 \Delta x$ は次式のようになる。

$$50 / \tan(22.5) = 120 \text{ nm}$$

【0031】カウンタAによって測定される時間差は、この場合、 $120 f / v$ となる。ただし、 v はトラックの直径におけるディスクの線速度、 f はサイクルで表したクロック周波数である。たとえば、線速度が 0.1 m/s 、幅50nmのビットを横切るカウンタAの差が5カウントの場合、

$$f = 5 v / 120 = (5 \times 0.1) / (120 \times 10^{-9}) = 4.2 \text{ MHz}$$

【0032】1本のトラックを次のトラックと区別するためには、トラック・ピッチ T_p が T_p よりも大きくななければならない。さらに、クロック周波数 f はカウンタAがトラックを分離できるようにするのに十分な高さでなければならない。すなわち、トラック間のカウンタAのカウントにある程度の間隔がなければならない。上記のように4.2MHzのクロックを使用した場合、100nmの T_p によってトラック間で5カウントのカウントAのカウントが可能となる。クロック周波数を上げた場合、トラック・ピッチを狭くすることができ、所与のトラックの中心線にとどまる能力が改善されることとなる。

【0033】図7を参照すると、タイミング・ラインの組の他のものが示されている。外側の2本のライン70'、72'はほぼディスクの半径に沿って整合している。中間のライン71'は外側のラインのいずれとも交差せず、外側のラインの全長に延びているように配置された非放射状ラインである。この実施の形態において、カウンタA及びBは第1のピークの検出後に積算を開始し、カウンタAは第2のピークの検出後に停止し、カウンタBは第3のピークの検出後に停止する。TESはカウンタAとカウンタBの比であるが図7からわかるように、スタイラスが帯域の外径から内径に向かって移動すると、この比は減少する。スタイラスが帯域の中央に正確にある場合、この比は正確に1/2になる。TESが同じタイミング・ラインで測定した2つの時間の比であるから、TESはディスク速度と無関係である。図6及び図7に示したようなタイミング・ラインの異なる組の各々には、少なくとも2本のラインがあり、少なくともそのうちの1本はデータ・トラックの方向と直角以外の角度で交差する非放射状ラインである。

【0034】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0035】(1)複数の離隔したトラックに形成される機械可読情報を画定する表面トポグラフィが上面に形成されているデータ記憶媒体であって、該表面トポグラフィがトラックを横切って延びるラインの複数の組を含

んでおり、ラインの各組が少なくとも2本のラインを含んでおり、そのうちの少なくとも1本がトラックの方向に対し直角以外の角度でトラックを横切って延びているデータ記憶媒体と、記憶媒体と連動し、記憶媒体がセンサに関して移動したときに表面トポグラフィに追従するように前後に振れるセンサと、記憶媒体とセンサの間に相対運動を与える手段と、センサをトラック上に維持し、センサを1本のトラックから他のトラックへ移動させるためセンサに接続されたアクチュエータと、表面トポグラフィによって引き起こされたセンサの振れを、ラインの組を含めて検出し、センサの振れを表す出力信号を生成する検出器と、振れ検出器からの出力信号から、組内のラインの検出の間の時間を判定するタイミング回路であって、判定した時間をターゲット時間と比較し、判定した時間とターゲット時間の間の差を表すトラッキング・エラー信号を生成する回路を含んでいるタイミング回路と、アクチュエータと結合され、トラッキング・エラー信号に応答して、センサを希望するトラック上に位置決めするトラッキング制御回路と、振れ検出器からの出力信号を受け、出力信号を媒体上の表面トポグラフィによって形成された機械可読情報を表すデジタル・データに変換するデータ復号回路とを備えているデータ記憶システム。

(2)媒体がディスクであり、トラックがほぼ半径方向に離隔したトラックであり、ラインの組がトラックの円周方向に離隔されている、上記(1)に記載のデータ記憶システム。

(3)トラックが離散したほぼ同心のトラックである、上記(2)に記載のデータ記憶システム。

(4)トラックがほぼ螺旋状のトラックである、上記(2)に記載のデータ記憶システム。

(5)相対運動を与える手段がディスクの取り付けられたスピンドル・モータであり、ディスクがスピンドル・モータから脱着できる、上記(2)に記載のデータ記憶システム。

(6)ラインの各組が3本の円周方向に隣接したラインからなっており、3本のうち中央のラインがディスクの半径上に配置されている、上記(2)に記載のデータ記憶システム。

(7)ラインの各組が3本の円周方向に隣接したラインからなっており、3本のうち中央のラインが非放射状ラインであり、他の2本が放射状ラインである、上記(2)に記載のデータ記憶システム。

(8)トラックが放射状に離隔した帯域にグループ分けされており、トラックの各帯域がそれ自体のラインの複数の組を含んでいる、上記(2)に記載のデータ記憶システム。

(9)ディスク上の表面トポグラフィが帯域識別(ID)マークを含んでおり、タイミング回路がIDマークを復号して、ラインの組が配置されている帯域を特定す

る回路を含んでいる、上記(8)に記載のデータ記憶システム。

(10) タイミング回路が復号されたIDマークにตอบสนองして、ラインの組が検出されると考えられるタイミング・ウィンドウを見つけ出すタイミング・ゲートを含んでいる、上記(9)に記載のデータ記憶システム。

(11) タイミング回路がクロックと、組内のラインのうち2本の検出の間のクロック・サイクル数をカウントするカウンタとを含んでいる、上記(1)に記載のデータ記憶システム。

(12) センサがデータ記憶媒体の表面に物理的に接触する接触センサである、上記(1)に記載のデータ記憶システム。

(13) 機械可読情報を表す表面不規則部の半径方向に離隔したデータ・トラックの少なくとも一つの帯域と、データ・トラックの円周方向に離隔したトラッキング・ラインの複数の組であって、トラッキング・ラインの各組が少なくとも2本のラインを含んでおり、そのうちの少なくとも1本が非放射状ラインであるトラッキング・ラインの複数の組とを有しているデータ記憶ディスクと、ディスクを回転させるモータと、ディスクの回転中にディスク上の表面不規則部とトラッキング・ラインに連動し、これらの接触する接触スタイラスを自由端に有している可撓性カンチレバーと、スタイラスをトラック上に維持し、スタイラスを1本のトラックから他のトラックへ移動させるためカンチレバーに接続されたアクチュエータと、ディスク上の表面不規則部とトラッキング・ラインとによって引き起こされたスタイラスの振れを検出し、スタイラスの振れを表す出力信号を生成するカンチレバー振れ検出器と、振れ検出器からの出力信号から、組内のラインの検出の間の時間を判定するタイミング回路であって、判定した時間をターゲット時間と比較し、判定した時間とターゲット時間の間の差を表すトラッキング・エラー信号を生成する回路を含んでいるタイミング回路と、アクチュエータと結合され、トラッキング・エラー信号にตอบสนองして、スタイラスを希望するトラック上に位置決めするトラッキング制御回路と、振れ検出器からの出力信号を受け、出力信号をディスク上の表面不規則部によって形成された機械可読情報を表すデジタル・データに変換するデータ復号回路とを備えているデータ記憶システム。

(14) トラックが離散したほぼ同心のデータ・トラックである、上記(13)に記載のデータ記憶システム。

(15) トラックがほぼ螺旋状のデータ・トラックである、上記(13)に記載のデータ記憶システム。

(16) ディスクがモータから脱着できる、上記(13)に記載のデータ記憶システム。

(17) ラインの各組が3本の円周方向に隣接したラインからなっており、3本のうち中央のラインがディスクの半径上に配置されており、他の2本が互いに平行でない非放射状ラインである、上記(13)に記載のデータ記憶システム。

(18) ラインの各組が3本の円周方向に隣接したラインからなっており、3本のうち中央のラインが非放射状ラインであり、他の2本が放射状ラインである、上記(13)に記載のデータ記憶システム。

(19) ディスクがその表面上に帯域識別(ID)マークを含んでおり、タイミング回路がIDマークを復号して、ラインの組が配置されている帯域を特定する回路を含んでいる、上記(18)に記載のデータ記憶システム。

(20) タイミング回路が復号されたIDマークにตอบสนองして、ラインの組が検出されると考えられるタイミング・ウィンドウを見つけ出すタイミング・ゲートを含んでいる、上記(19)に記載のデータ記憶システム。

(21) タイミング回路がクロックと、組内のラインのうち2本の検出の間のクロック・サイクル数をカウントするカウンタとを含んでいる、上記(13)に記載のデータ記憶システム。

(22) カンチレバーがピエゾ抵抗領域を含んでいるシリコン・カンチレバーであり、カンチレバー振れ検出器がスタイラスの振れに応じたピエゾ抵抗領域の抵抗の変化を検出するためにカンチレバーのピエゾ抵抗領域に結合された電気抵抗検出回路を含んでいる、上記(13)に記載のデータ記憶システム。

(23) ポリマ材料で形成された表面を有しているディスク基板を備えており、ディスク表面には表面不規則部としてデータ・トラックの円周方向に離隔した複数組のトラッキング・ラインがエンボスされており、トラッキング・ラインの各組が帯域内のすべてのトラックを横切って延びている少なくとも2本のラインを含んでおり、2本のラインのうち少なくとも1本が非放射状ラインである、データ記憶ディスク。

(24) ディスクが読取専用ディスクであり、ディスク表面には機械可読情報を表す表面不規則部の半径方向に離隔したデータ・トラックの少なくとも一つの帯域がエンボスされており、データ・トラック表面不規則部がトラッキング・ラインの円周方向に離隔した組の間で離散している、上記(23)に記載のデータ記憶ディスク。

(25) ポリマ材料で形成された表面を有しているディスク基板を備えており、ディスク表面には機械可読情報を表す表面不規則部の円周方向に離隔したデータ・トラックの少なくとも一つの帯域とデータ・トラックの円周方向に離隔した複数組のトラッキング・ラインとがエンボスされており、トラッキング・ラインの各組が帯域内のすべてのトラックを横切って延びている少なくとも2本のラインを含んでおり、2本のラインのうち少なくとも1本が非放射状ラインである、読取専用データ記憶ディスク。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のAFMデータ記憶システムのブロック図である。

【図2】AFMデータ記憶システムにおけるカンチレバーの振れを検出するのに使用される抵抗測定回路の略図である。

【図3】サーボ制御をトラッキングするためにデータ・フィーチャ及びトラッキング・ラインに使用される表面不規則部を説明する、ディスク表面の一部の図である。

【図4】タイミング・ゲートに関するトラッキング・ラインのタイミングを説明する3つの異なるデータ・トラックに対するデコーダ出力のグラフである。

【図5】トラッキング・エラー信号(TES)を生成するためのタイミング分析回路のブロック図である。

【図6】3本組のトラッキング・ラインと2つの隣接するデータ・トラックに関するこれらの間隔を説明するディスク表面の一部の拡大図である。

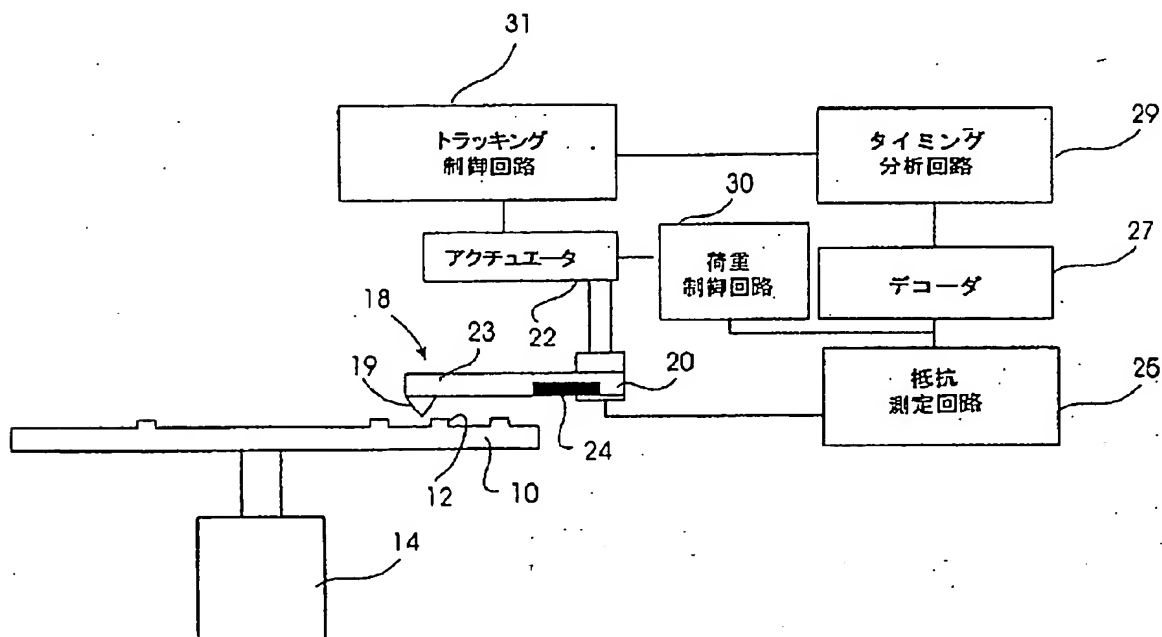
【図7】他の3本組のトラッキング・ラインと2つの隣接するデータ・トラックに関するこれらの間隔を説明するディスク表面の一部の拡大図である。

【符号の説明】

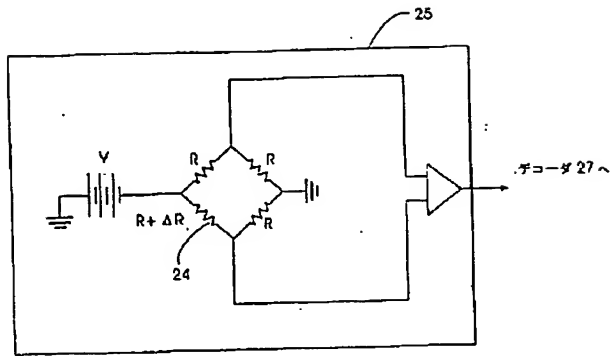
10 ディスク
12 表面不規則部
14 モータ
18 高解像度センサ
19 スタイルス

20 支持体
22 アクチュエータ
23 カンチレバー・アーム
24 ピエゾ抵抗領域
25 抵抗測定回路
27 デコーダ
29 タイミング分析回路
30 荷重制御回路
31 トラッキング制御回路
50 トラッキング・ライン組
51 トラッキング・ライン組
52 トラッキング・ライン組
53 トラッキング・ライン組
60 トラック
61 トラック
62 トラック
70 タイミングないしトラッキング・ライン(非放射状ライン)
72 タイミングないしトラッキング・ライン(非放射状ライン)
71 タイミングないしトラッキング・ライン(中央のライン)
80 帯域識別(ID)マーク
90 帯域
91 第2の帯域

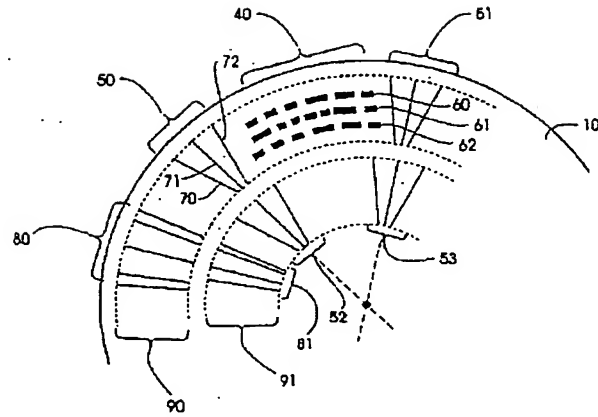
【図1】



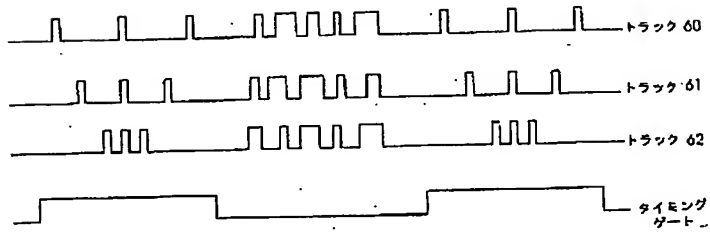
【図2】



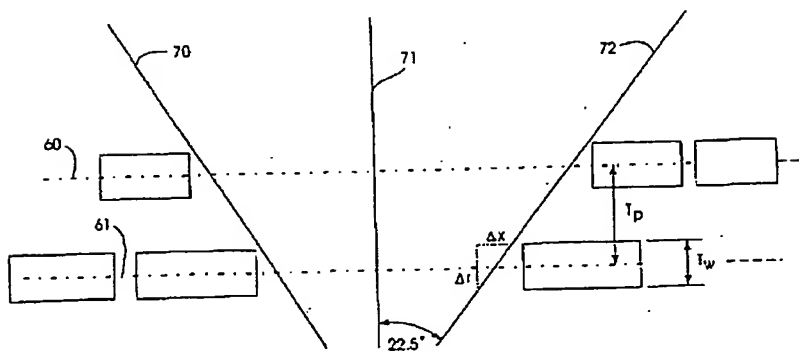
【図3】



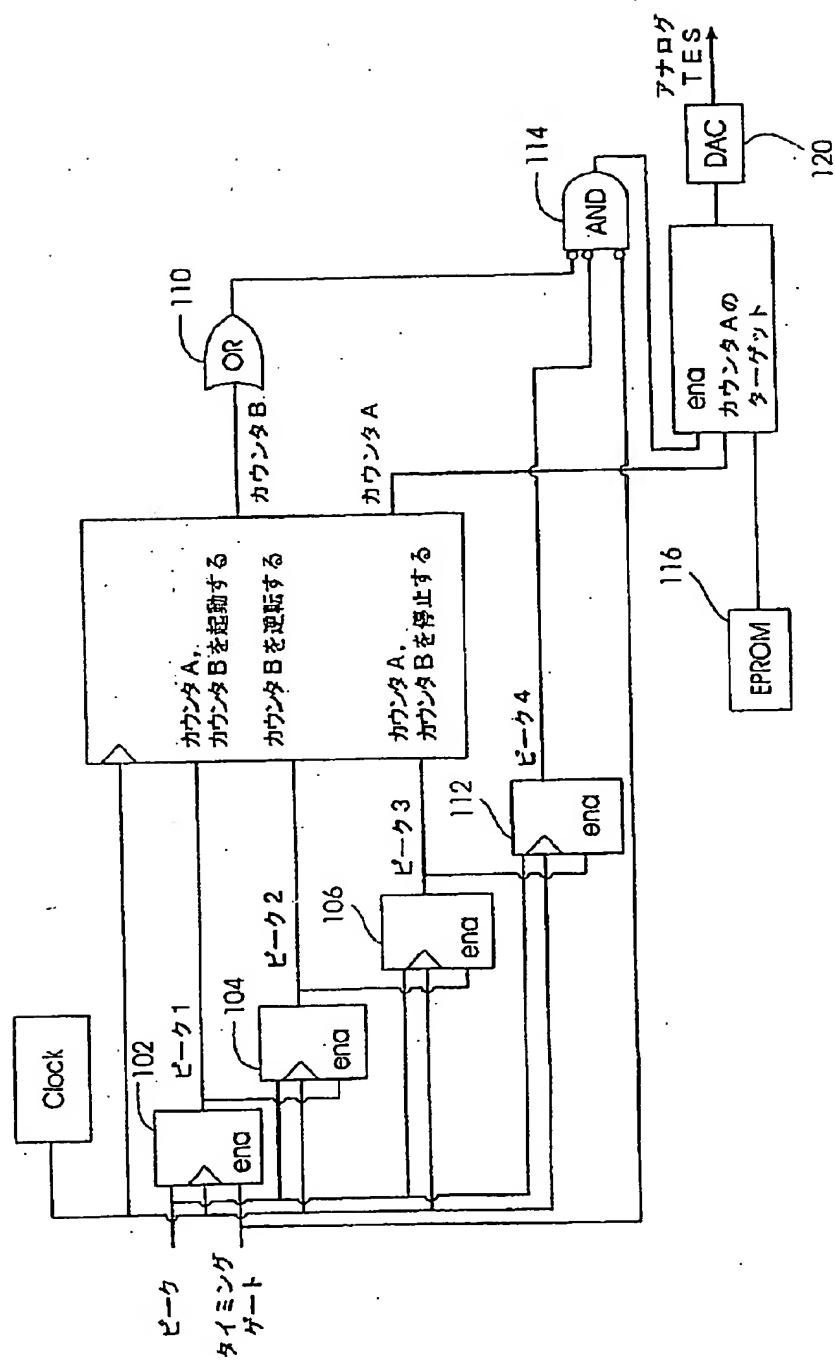
【図4】



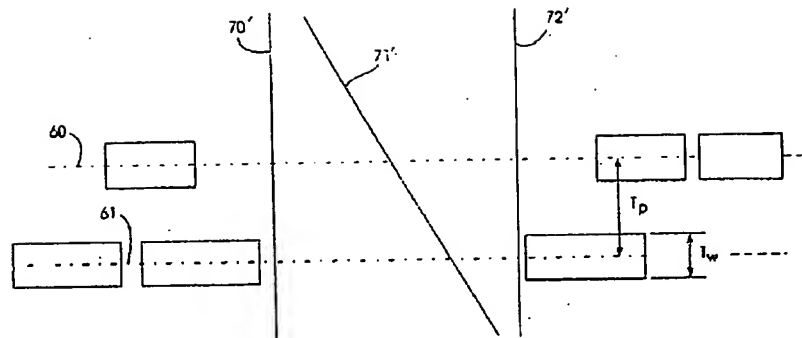
【図6】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 ブルース・デビッド・テリス
アメリカ合衆国94087 カリフォルニア州
サニーベール ネリス・コート 1241

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)